

**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN MENGKONVERSI
MOTOR INDUKSI SEBAGAI GENERATOR INDUKSI MAGNET
PERMANEN**



Publikasi Ilmiah

**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan
Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

NUR MUHAMMAD DZIKRI

D 400 122 002

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN MENGKONVERSI
MOTOR INDUKSI SEBAGAI GENERATOR INDUKSI MAGNET
PERMANEN**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

NUR MUHAMMAD DZIKRI

D 400 122 002

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Agus Supardi, S.T, M.T
NIK.883

HALAMAN PENGESAHAN

**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN MENGKONVERSI
MOTOR INDUKSI SEBAGAI GENERATOR MAGNET PERMANEN**

OLEH

NUR MUHAMMAD DZIKRI

D 400 122 002

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari ~~kamis~~ *Senin*, 4.11.2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

1. Agus Supardi S.T., M.T

(Ketua Dewan Penguji)


(.....)

2. Jatmiko, S.T., M.T.

(Anggota I Dewan Penguji)

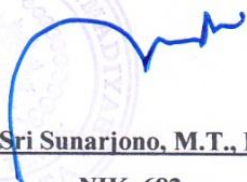

(.....)

3. Hasyim Asy'ari, S.T., M.T

(Anggota II Dewan Penguji)


(.....)

Dekan,


Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 8 Juni 2016

Penulis



NUR MUHAMMAD DZIKRI

D 400 122 002

PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK DENGAN MENGONVERSI MOTOR INDUKSI SEBAGAI GENERATOR INDUKSI MAGNET PERMANEN

Abstrak

Energi magnet permanen merupakan salah satu energi gratis yang sedang banyak dilakukan penelitian dan pemanfaatan dalam penggunaan untuk berbagai kebutuhan komponen listrik salah satunya generator induksi. Generator induksi adalah suatu komponen yang sangat penting untuk menghasilkan energi listrik dengan digerakan secara mekanis oleh penggerak mula (*prime mover*) seperti turbin air, turbin uap, atau motor listrik sehingga menghasilkan listrik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang generator induksi magnet permanen dengan memanfaatkan motor induksi. Generator didesain menggunakan rotor pada motor induksi yang telah dimodifikasi dengan menggunakan 10 pasang magnet permanen jenis *neodymium* dengan dimensi magnet 20 x 15 mm berbentuk silinder /tabung dan stator generator didesain menjadi 2 kutub dengan jumlah belitan 325 belitan dan menggunakan kawat email berjenis jerman dengan ukuran 0,4 mm. Generator induksi magnet permanen mampu menghasilkan tegangan 69,5 V sampai 223,7 V dan frekwensi 33,5 Hz sampai 50,9 Hz dengan putaran awal 2000 rpm sampai 3000 rpm dalam keadaan tanpa beban, sedangkan dalam keadaan berbeban generator mampu mensuplai 8 lampu pijar 80 watt dengan arus 0,27 A pada putaran 3000 rpm.

Kata Kunci: magnet permanen, energi gratis, generator induksi, motor induksi

Abstract

Energy permanent magnet is one of the free energy that is being done much research and utilization in the use of various electrical components one needs an induction generator. Induction generator is a very important component for generating electrical energy with a mechanically driven by a prime mover such as water turbines, steam turbines, or an electric motor that generates electricity. This research aims to design a permanent magnet generator induction by utilizing an induction motor. Generator is designed using a rotor in induction motors that have been modified by using 10 pairs of permanent magnet type neodymium with dimensions magnet 20 x 15 mm cylindrical / tube and stator generator is designed to be two poles with the number of turns 325 windings and use a wire email Germany type with the size 0.4 mm. Permanent magnet induction generator able to generate a voltage of 69.5 V to 223.7 V and a frequency of 33.5 Hz to 50.9 Hz with the preliminary rotation speed of 2000 rpm to 3000 rpm in no-load condition, whereas in loaded condition generator is able to supply 8 incandescent lamps 80 watts with a current of 0.27 A at 3000 rpm.

Keywords: permanent magnet, free energy, induction generator, induction motor

1. PENDAHULUAN

Upaya untuk menangani terbatasnya cadangan energi adalah mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan sumber energi fosil dengan cara memanfaatkan sumber energi alternatif. Beberapa penelitian dan pengujian mulai memanfaatkan energi matahari, air dan angin untuk menghasilkan energi listrik baik dalam skala kecil maupun besar. Sumber energi lain dapat berupa energi dari magnet permanen. Magnet permanen adalah suatu bahan yang dapat menghasilkan medan magnet yang besarnya tetap tanpa adanya pengaruh dari luar atau disebut magnet alam karena memiliki sifat kemagnetan yang tetap. Energi yang dapat dihasilkan oleh magnet permanen sangat menguntungkan, karena energi yang dihasilkan cukup tinggi dan tanpa efek pencemaran lingkungan.

Energi magnet merupakan salah satu energi gratis yang sedang gencar diuji coba saat ini. Energi magnet merupakan pembangkit tenaga yang memanfaatkan medan magnet yang dihasilkan dari gaya tolak/tarik kutub – kutub magnet untuk menggerakkan kincir/generator untuk menghasilkan energi listrik. Pada prinsipnya kincir tersebut dapat bergerak karena pada kincir diberikan suatu magnet permanen yang kutubnya searah/berlawanan dengan kutub magnet yang menjadi sumber penggerak kincir tersebut. Sehingga kincir tersebut dapat bergerak dikarenakan adanya gaya tolak/tarik antar kutub – kutub magnet pada kincir dengan kutub – kutub magnet yang menjadi sumber penggerak utama kincirnya. Hal ini mengikuti prinsip dasar kemagnetan, dimana kutub yang sama pada magnet apabila didekatkan satu sama lain akan terjadi gaya tolak - menolak dan kutub yang berlawanan akan tarik menarik apabila didekatkan satu sama lain. Pada penelitian lebih sederhana dipakai suatu kipas pendingin komputer karena pada kipas tersebut sudah terdapat magnet permanen dan sudah terdapat kumparan tembaga. Energi listrik dapat dihasilkan dari kipas tersebut karena medan magnet yang menggerakkan kipas sekaligus menginduksi lilitan pada kipas sehingga menghasilkan gaya gerak listrik berupa tegangan. Tegangan yang dihasilkan bervariasi tergantung pada waktu dan besar kecilnya induksi magnet pada kumparan (Grover, 2014)

Magnet *neodymium*, merupakan magnet tetap yang paling kuat. Magnet *neodymium* (juga dikenal sebagai NdFeB, NIB, atau magnet Neo), merupakan sejenis magnet tanah, terbuat dari campuran logam *neodymium*. Tetragonal NdFeB memiliki struktur kristal yang sangat tinggi *uniaksial anisotropi magnetocrystalline* ($H_A \sim 7$ teslas). Senyawa ini memberikan potensi untuk memiliki tinggi koersivitas (ketahanan mengalami kerusakan magnetik). Aplikasi magnet NdFeB cukup banyak, seperti pada peralatan elektronik, motor listrik/generator, sensor/ transduser, industri otomotif, industri petrokimia dan produk peralatan kesehatan. Keunggulan lain yang dimiliki oleh magnet NdFeB adalah memiliki harga yang lebih murah dibandingkan dengan magnet Samarium Cobalt. Tetapi kekurangannya adalah tidak dapat diaplikasikan pada suhu tinggi, yaitu hanya

maksimum berkisar sampai 200 °C. Selain itu magnet ini cukup mahal dan mempunyai ketahanan korosi yang rendah, sehingga dalam aplikasinya diperlukan *surface treatment*, seperti dilapisi dengan nikel, seng atau emas (Irasari, 2007).

Motor induksi merupakan motor arus bolak-balik (AC) yang paling luas digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator. Belitan stator yang dihubungkan dengan satu sumber tegangan tiga fasa akan menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron. Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor-konduktor pada rotor, sehingga terinduksi arus, dan sesuai dengan hukum lenz, rotor pun akan turut berputar mengikuti medan putar stator. Perbedaan putar relatif antara stator dan rotor disebut slip. Fukami et al (1999) mengungkapkan bahwa motor induksi 3 fasa dapat dioperasikan sebagai generator induksi. Hal ini ditunjukkan dari diagram lingkaran mesin pada daerah slip negatif. Ini berarti bahwa agar mesin induksi 3 fasa dapat beroperasi sebagai generator maka rotornya harus berputar lebih cepat daripada kecepatan medan magnet di statornya sehingga dihasilkan slip negatif.

Generator merupakan salah satu komponen utama yang menjadi pertimbangan dalam perencanaan sistem pembangkit listrik. Generator induksi merupakan salah satu alternatif pilihan diantara jenis generator yang lainnya. Generator induksi mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan generator sinkron dan jenis generator lainnya antara lain harga unitnya murah, konstruksinya kuat dan sederhana, mudah dalam pengoperasiannya, memerlukan sedikit perawatan, dan mempunyai keandalan yang tinggi (Tsuda, 2007). Menurut Bansal (2005) keunggulan generator induksi lainnya adalah reduksi unit cost dan ukuran, tanpa sikat, ketiadaan sumber DC terpisah, kemampuan proteksi diri terhadap beberapa kondisi beban lebih dan hubung singkat

Generator merupakan salah satu mesin listrik yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Prinsip kerja generator berdasarkan pada teori induksi medan elektromagnetik. Bagian utama generator terdiri dari kumparan medan dan kumparan jangkar yang diletakan di rotor dan stator. Rotor adalah bagian generator yang berputar sedangkan stator adalah bagian generator yang diam. Hubungan antara frekwensi dan kecepatan putar generator dapat dirumuskan pada persamaan berikut ini :

$$N_s = \frac{120.f}{p} \quad (1)$$

Keterangan :

N_s : kecepatan putar (rpm)

f : frekwensi (Hz)

p : jumlah kutub

Penyusunan tugas akhir ini bertujuan untuk merancang generator induksi magnet permanen dengan memanfaatkan motor induksi. Generator akan dirancang dengan memodifikasi rotor pada motor induksi dengan menggunakan 10 pasang magnet permanen jenis *neodymium* dengan dimensi magnet 20 x 15 mm berbentuk silinder /tabung yang disusun dengan menanamkan magnet ke dalam rotor motor induksi. Motor induksi yang telah dimodifikasi akan difungsikan sebagai generator induksi magnet permanen untuk dilakukan suatu pengujian agar dapat mengetahui besar energi yang dihasilkan dari penggunaan generator dan menganalisis hasil keluaran dari generator. Generator yang didesain dan telah dilakukan pengujian ini dapat digunakan untuk pengembangan lebih lanjut terkait generator magnet permanen sebagai salah satu energi terbarukan dan dapat digunakan sebagai salah satu referensi untuk aplikasi dari magnet permanen.

2. METODE

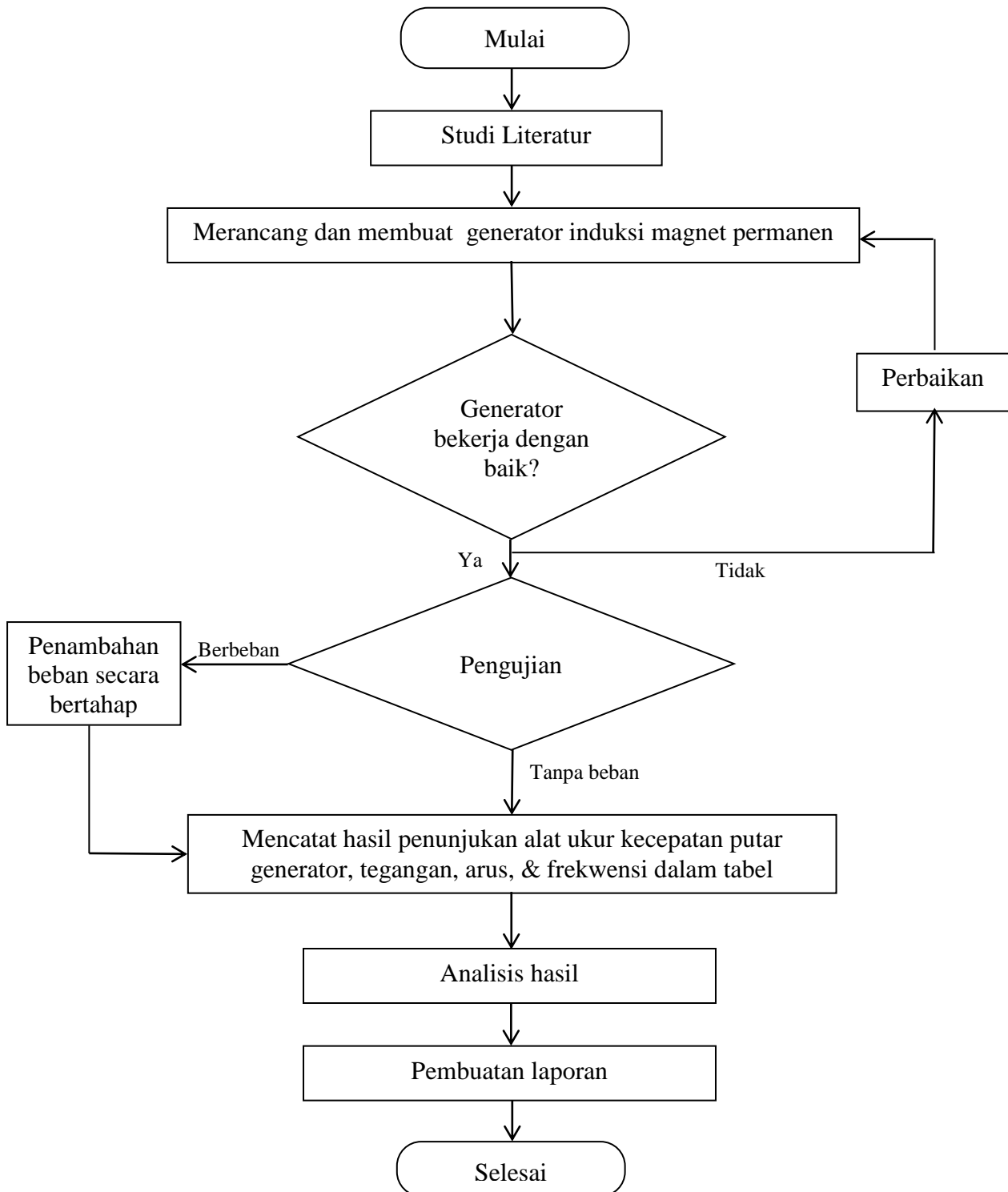
Tahap awal yang dilakukan dalam penyelesaian tugas akhir ini yaitu studi literatur. Studi literatur ini terkait dengan pengumpulan data berupa jurnal ilmiah, karya-karya ilmiah, buku dan media cetak maupun elektronik yang nantinya data-data tersebut akan digunakan sebagai dasar dan acuan dalam penyelesaian tugas akhir.

Perancangan alat dilakukan dengan merancang belitan stator generator yang berfungsi untuk menangkap medan magnet yang dihasilkan oleh magnet pada rotor. Setelah itu dilakukan perancangan rotor generator dengan menanamkan magnet permanen yang berfungsi untuk menghasilkan induksi.

Pembuatan alat dilakukan dengan mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan untuk pembuatan generator magnet permanen. Setelah generator magnet permanen selesai dibuat kemudian dilakukan pengujian.

Pengujian alat dilakukan dengan tanpa beban dan dengan beban 8 buah lampu pijar 80 W yang disusun secara paralel untuk mengetahui kemampuan generator mensuplai beban. Dalam pengujian dilakukan perbandingan hasil yang didapat dari generator dengan target yang akan dicapai, apabila belum mencapai target maka akan dilakukan perbaikan alat sampai mencapai hasil yang diinginkan.

Analisis hasil dilakukan terhadap data yang didapat dari hasil pengujian yang telah dilakukan. Data yang akan diperoleh dari pengujian dengan tanpa beban yaitu kecepatan putar (rpm), tegangan (V), frekwensi (Hz) dan dengan beban yaitu kecepatan putar (rpm), beban, daya beban (W), tegangan (V), arus (I), dan intensitas cahaya. Tahapan yang dilakukan penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini dapat dilihat pada diagram alir penelitian berikut ini:

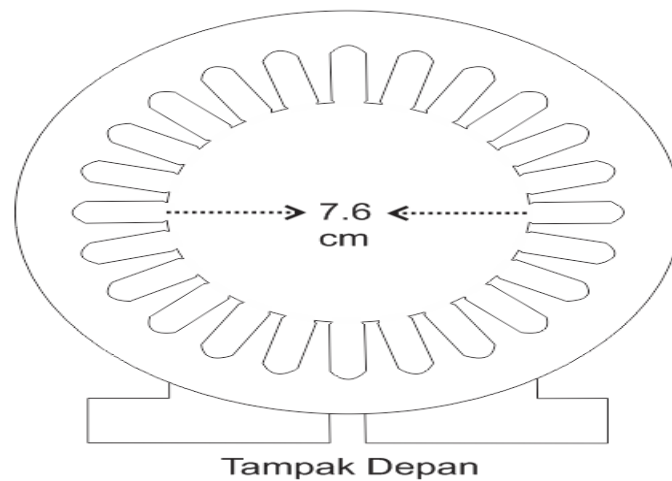


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

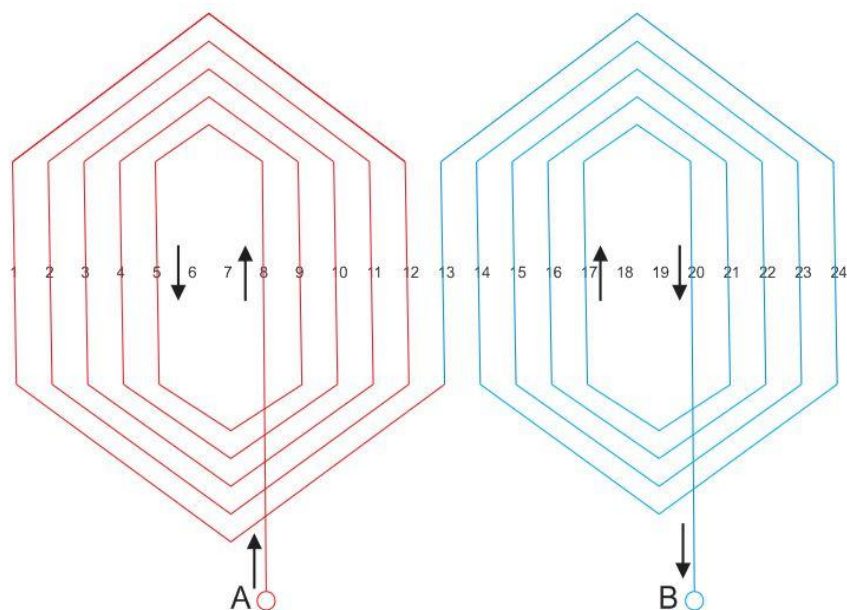
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Bentuk dan desain alur belitan pada stator yang dibuat

Stator ini memiliki jumlah alur yaitu 24 alur yang akan dirancang menjadi 2 kutub dengan jumlah belitan perkutub sebanyak 325 belitan. Belitan tembaga (email) yang akan dibelitkan pada alur stator menggunakan kawat email berjenis jerman dengan ukuran 0,4 mm. Jarak alur perkutub menggunakan 5 alur. Alur 1, 2, 3 dan 4 akan diisi dengan jumlah 60 belitan, kemudian pada alur ke 5 akan diisi dengan jumlah 85 belitan untuk perkutubnya sehingga total jumlah belitan perkutubnya adalah 325 belitan. Bentuk stator pada generator dapat dilihat pada gambar 1, kemudian desain penyambungan belitan dan arah penyambungan belitan dengan tipe memusat dapat dilihat pada gambar 2.



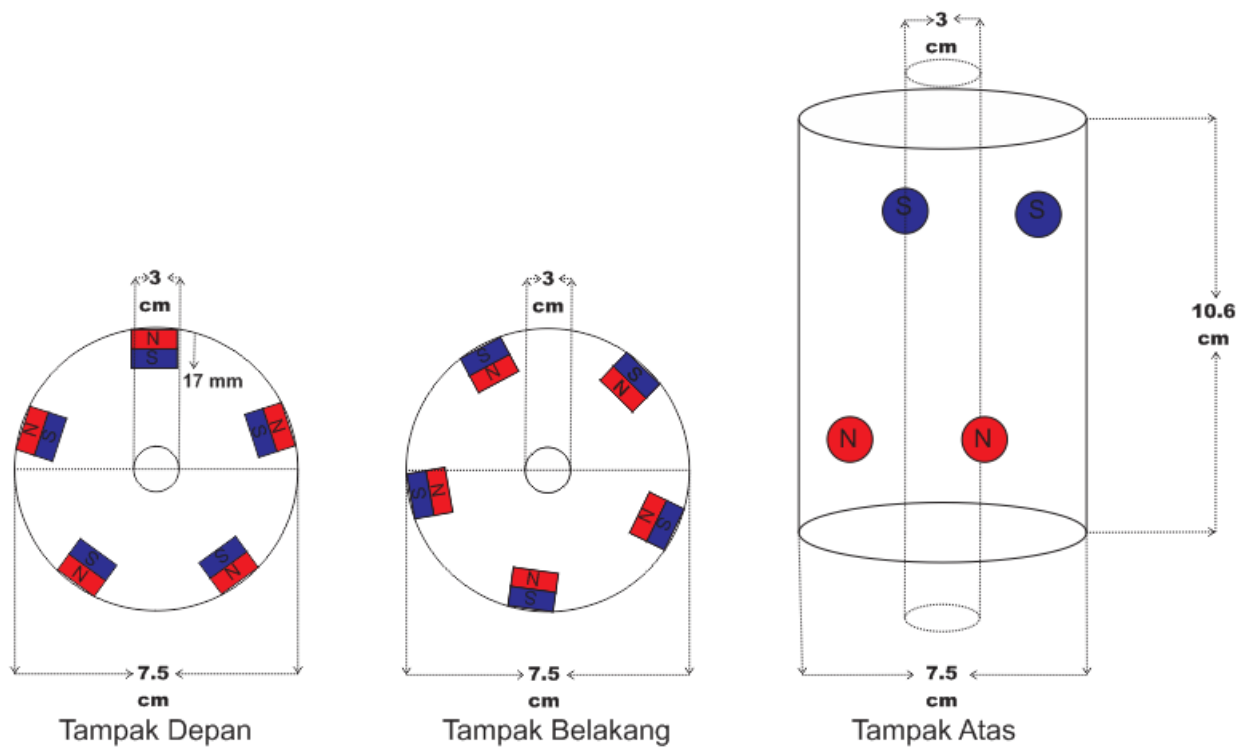
Gambar 1. Bentuk Stator



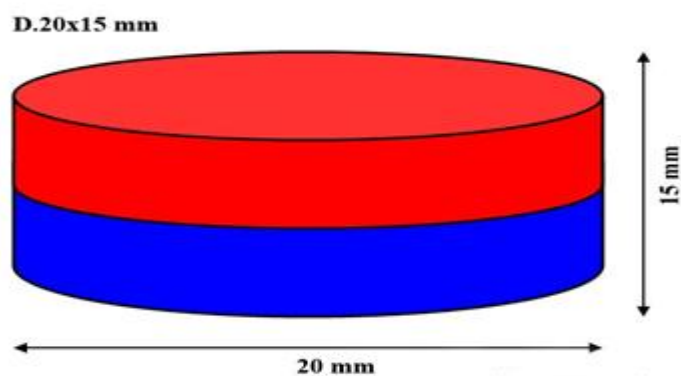
Gambar 2. Desain penyambungan dan arah belitan stator

3.2 Bentuk dan desain rotor yang dibuat

Rotor dimodifikasi dengan menanamkan 10 pasang magnet permanen jenis *neodymium* berdimensi 20 x 15 mm berbentuk silinder/tabung dengan susunan melingkar ke rotor. Tempat untuk menanamkan magnet di rotor dibentuk menggunakan mesin bor dengan menyesuaikan bentuk dan ukuran magnet berdimensi 20 x 15 mm dengan kedalaman 17 mm. Bentuk desain dan pemasangan magnet ke dalam rotor dapat dilihat pada gambar 3 dan gambar bentuk magnet *neodymium* digunakan dapat dilihat pada gambar 4 .



Gambar 3. Desain dan pemasangan magnet ke dalam rotor



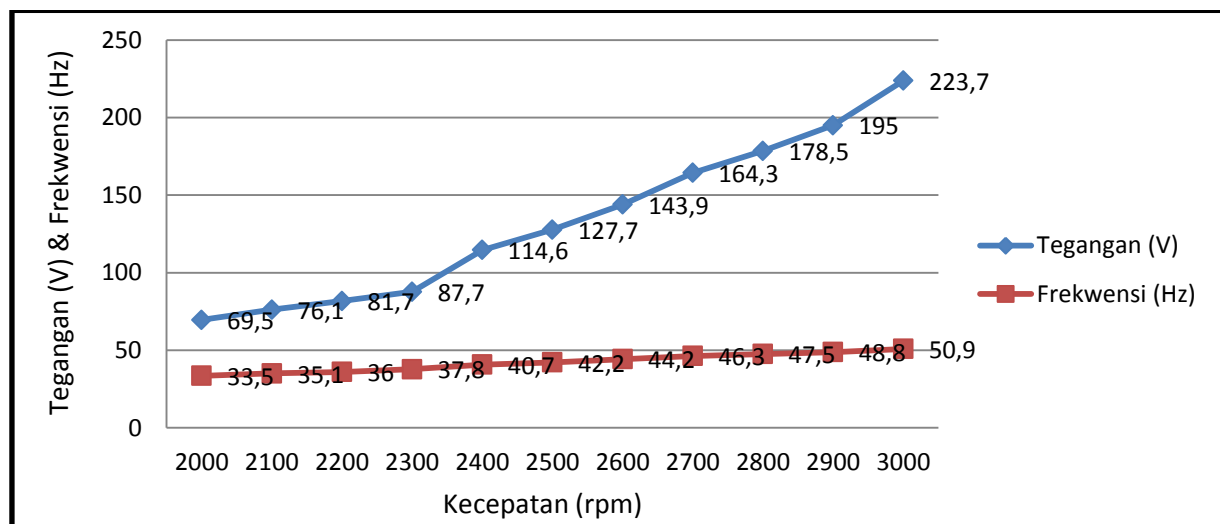
Gambar 4. Bentuk magnet permanen *neodymium*

3.3 Pengujian generator tanpa beban

Dalam pengujian generator tanpa beban peralatan yang digunakan sebagai *prime mover* dan agar kecepatan putar pada generator dapat bervariasi adalah motor induksi yang dilengkapi dengan sebuah *Voltage Regulator* (VR). Berikut adalah data hasil pengukuran dengan kecepatan putar bervariasi dan grafik hubungan kecepatan dengan tegangan dan frekwensi.

Tabel 1. Hasil pengujian dengan tanpa beban

No	Kecepatan Putar (rpm)	Tegangan (V)	Frekwensi (Hz)
1	2000	69,5	33,5
2	2100	76,1	35,1
3	2200	81,7	36,0
4	2300	87,7	37,8
5	2400	114,6	40,7
6	2500	127,7	42,2
7	2600	143,9	44,2
8	2700	164,3	46,3
9	2800	178,5	47,5
10	2900	195,0	48,8
11	3000	223,7	50,9



Gambar 5. Hubungan kecepatan dengan tegangan dan frekwensi generator pada saat tanpa beban

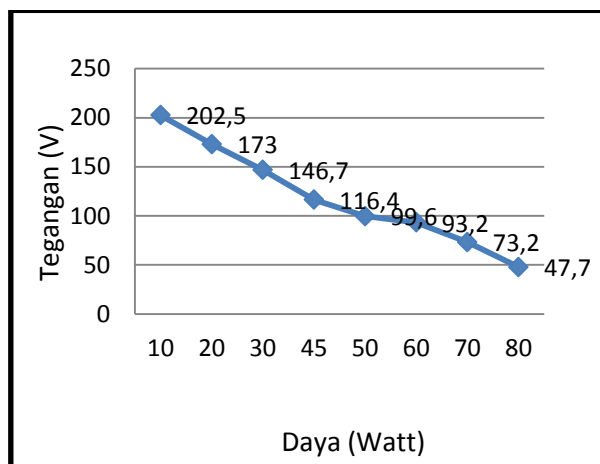
Tabel dan grafik hubungan kecepatan dengan tegangan dan frekwensi yang ditunjukkan pada tabel 1 dan gambar 5 menunjukkan bahwa semakin besar kenaikan putaran yang diberikan pada generator mengakibatkan semakin besar pula tegangan dan frekwensi yang dihasilkan oleh generator. Setelah dilakukan pengujian beberapa kali dengan *prime mover* motor induksi dengan kecepatan putar bervariasi mulai dari 2000 rpm sampai 3000 rpm, generator mampu menghasilkan tegangan maksimal tanpa beban sebesar 223,7 V dengan frekwensi 50,9 Hz.

3.4 Pengujian generator dengan beban

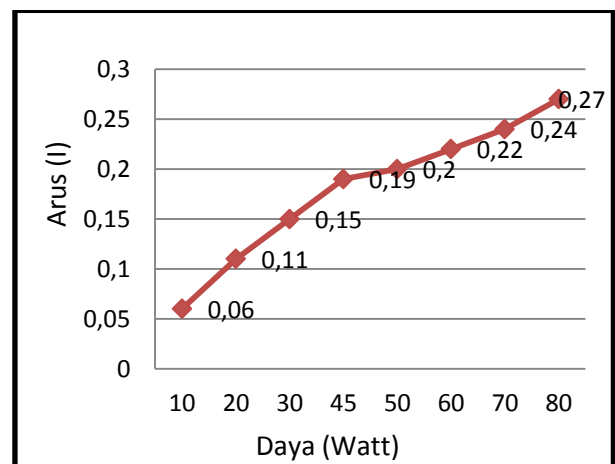
Pengujian generator berbeban dilakukan dengan memutar generator dengan nilai kecepatan putar yang konstan yaitu 3000 rpm. Beban generator menggunakan beban resistif berupa 8 buah lampu pijar 80 watt yang disusun secara paralel. Berikut adalah data hasil pengujian dengan beban dan grafik hubungan daya dengan tegangan dan arus.

Tabel 2. Hasil pengujian dengan beban

Putaran (rpm)	Beban	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (I)	Intensitas Cahaya
3000	8 Lampu Pijar	10	202,5	0,06	Terang
		20	173	0,11	Terang
		30	146,7	0,15	Redup
		45	116,4	0,19	Redup
		50	99,6	0,20	Redup
		60	93,2	0,22	Redup
		70	73,2	0,24	Redup
		80	47,7	0,27	Hampir Padam



Gambar 6. Hubungan daya dengan tegangan pada saat generator berbeban resistif



Gambar 7. Hubungan daya dengan arus pada saat generator berbeban resistif

Hasil pengujian di atas menunjukkan bahwa kapasitas beban penuh dari generator untuk mensuplai daya pada keadaan normal adalah sebesar 20 watt dengan intensitas cahaya terang. Hal ini diakibatkan oleh kemampuan tegangan output dari generator hanya dapat memenuhi kebutuhan standar dari lampu pijar 20 watt, yaitu bekerja pada tegangan 220 Volt. Pada pengujian generator dengan beban lampu pijar yang dipasang paralel 80 Watt, intensitas cahaya lampu hampir redup, hal ini diakibatkan karena adanya jatuh tegangan pada generator. Dari grafik hubungan beban dan arus menunjukkan bahwa semakin besar beban yang diberikan pada generator maka semakin besar pula arus yang disuplai oleh generator. Hal ini disebabkan oleh upaya generator untuk memenuhi kebutuhan arus dari beban generator. Sedangkan dari grafik hubungan beban dan tegangan dapat

diamati bahwa semakin besar beban yang diberikan pada generator maka tegangan akan semakin turun. Hal ini diakibatkan karena adanya jatuh tegangan pada generator yang disebabkan oleh adanya impedansi belitan stator.

4. PENUTUP

Perancangan generator induksi magnet permanen dilakukan dengan menggunakan sebuah motor induksi. Belitan stator dirancang menjadi 2 kutub dengan jumlah belitan perkutub sebanyak 325 belitan. Rotor generator dirancang dengan menanamkan 10 pasang magnet permanen jenis *neodymium* berdimensi 20 x 15 mm berbentuk silinder/ tabung dengan susunan melingkar ke rotor.

Pengujian generator induksi magnet permanen tanpa beban dengan putaran bervariasi mulai dari 2000 sampai 3000 rpm mampu menghasilkan tegangan 69,5 V sampai 223.7 V dan frekwensi 33,5 Hz sampai 50,9 Hz. Hal ini membuktikan bahwa semakin besar kecepatan putar yang diberikan pada generator maka semakin besar pula tegangan dan frekwensi yang dihasilkan oleh generator.

Pada pengujian generator induksi magnet permanen berbeban digunakan beban resistif berupa 8 buah lampu pijar 80 watt yang disusun secara paralel dengan kecepatan putar konstan sebesar 3000 rpm, generator mampu mensuplai arus sebesar 0,27 A dengan tegangan 47,7 V ketika dibebani 80 Watt (8 x 10 Watt) dengan intensitas cahaya hampir padam.

Pengembangan perancangan generator induksi magnet permanen selanjutnya diharapkan mampu mensuplai beban yang lebih besar dengan mengubah ukuran kawat email pada stator generator, menambah jumlah magnet pada rotor, atau mengubah ukuran magnet dengan kekuatan medan magnet yang lebih besar.

PERSANTUNAN

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, Tuhan semesta alam dan sholawat, serta salam tercurah penuh kepada Rasulullah Muhammad Saw, yang telah memberikan kemudahan dalam menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Perancangan Pembangkit Listrik Dengan Mengkonversi Motor induksi Sebagai Generator Induksi Magnet Permanen” telah selesai dan disetujui. Ucapan terimakasih juga penulis persembahkan kepada kedua orang tua yang senantiasa membantu dan menyemangati. Tak lupa, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pembimbing yaitu Agus Supardi, S.T., M.T. yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penyelesaian tugas akhir. Terima kasih juga kepada teman-teman satu angkatan Teknik Elektro yang telah banyak membantu.

DAFTAR PUSTAKA

- Bansal, R.C. (2005). Three-phase Self-excited Induction Generators: An Overview. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 20(2), 292–299.
- Fukami T, Kaburaki Y, Kawahara S, Miyamoto T., 1999, Performance Analysis of a Self-regulated Selfexcited Single Phase Induction Generator using a Three-phase Machine". *IEEE Trans Energy Conver* 1999, 14(3):622–7.
- Grover M., Kumar B. L., & Ramalla I., (2014). The Free Energy Generator. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(12), 4–7.
- Irasari, P., & Idayanti, N. (2009). Aplikasi Magnet Permanen $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$. *Indonesian Journal of Materials Science*, 11(1), 38–41.
- Tsuda T., Fukami T., Kanamaru Y., & Miyamoto T. (2007). Effects of the Built-in Permanent Magnet Rotor on the Equivalent Circuit Parameters of a Permanent Magnet Induction Generator. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 22(3), 798–799.